

Los ítems PISA como herramienta para el docente en la identificación de los conocimientos y habilidades científicas

Javier Muñoz^{1,a}, Elena Charro^{2,b}

^{1,2}Departamento de didáctica de las ciencias experimentales, sociales y de la matemática, Universidad de Valladolid. Valladolid. España.

^a javiermmmweb@gmail.com, ^b echarro@dce.uva.es

[Recibido en marzo de 2016, aceptado en enero de 2017]

El desarrollo de habilidades científicas requiere de un razonamiento adecuado que debe fundamentarse en un corpus de conocimientos de contenido, procedimentales y epistémicos de la ciencia. Sin embargo, actualmente es habitual que en la práctica docente se sigan enseñando y evaluando en el aula sólo conocimientos de contenido -al margen de los otros dos mencionados- desconectados de todo contexto que permita un verdadero desarrollo de la competencia científica. Para identificar estos conocimientos y favorecer la confluencia con sus habilidades en algunos contextos es necesario que el docente disponga de recursos que faciliten su comprensión. A partir de una extensa revisión bibliográfica, se generó una base de ítems PISA que fueron caracterizados y categorizados a partir de las habilidades específicas que evalúan y los tipos de conocimientos que utilizan. En este trabajo, se presenta el análisis de algunos de los ítems PISA liberados que se corresponden con la subcompetencia *Evaluar y diseñar la investigación científica*, con el fin de poder ser utilizados por el docente como herramienta de reconocimiento, autoaprendizaje y retroalimentación de los conocimientos y habilidades científicas que lo orienten a una mejor comprensión de la competencia científica y que a su vez se vean reflejados en los procesos de aprendizaje de sus estudiantes.

Palabras clave: Ítems PISA; Conocimientos y habilidades científicas; Competencias.

PISA items as a tool for teachers in identifying scientific knowledge and skills

The development of scientific skills requires adequate reasoning that must be based on a body of content, procedural and epistemic science knowledge. However, it is now a common teaching practice to continue teaching and focusing only on content knowledge -apart from the two previously mentioned- disconnected from any context that allows for true development of scientific competence. To identify this knowledge and to promote the confluence of these skills it is necessary in some contexts that the educational resources be available to facilitate its understanding. From an extensive literature review, a base of PISA items that were characterized and categorized from assessing specific skills and types of knowledge used was generated. This paper presents the analysis of some of the items released by PISA that correspond to the competence *Evaluate and Design Scientific Research*, with the explicit goal of it being used by teachers as a tool for recognition, self-learning and feedback of knowledge and scientific skills to guide them to a better understanding of scientific competence and which, in turn, are reflected in the learning processes of their students.

Keywords: PISA items; Scientific knowledge and skills; Competences.

Para citar este artículo: Muñoz J. y Charro E. (2017) Los Ítems PISA como herramienta para el docente en la identificación de conocimientos y habilidades científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 317-338. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19220>

Introducción

El desarrollo de la competencia científica en los alumnos de secundaria y bachillerato es una de las exigencias que presentan hoy en día muchos de los sistemas educativos de diferentes países. Esta competencia está ligada al ideal de generar una cultura científica en los ciudadanos para poder intervenir responsablemente en situaciones sociocientíficamente importantes y contribuir al desarrollo del país (Holbrook y Rannikmae 2009). Por tal motivo

para desarrollar la competencia científica en los estudiantes, es necesario que el docente tenga claros tanto los conocimientos como las habilidades que la componen y pueda adaptarlos a numerosos contextos, como parte del proceso que lleve a una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia (Acevedo-Díaz, Vázquez, Manassero y Acevedo-Romero 2007, Acevedo-Díaz 2009 a y b).

Sin embargo, no todos los docentes identifican estos conocimientos y habilidades los cuales exigen prácticas diferentes en la enseñanza de las ciencias para que permitan su desarrollo. Estas prácticas conducen a la idea de dejar de ver la ciencia a través de la educación y mejor ver la educación a través de la ciencia, como un modelo más ajustado al desarrollo de la cultura científica (Holbrook *et al.* 2009). No obstante, la mayoría de los docentes de ciencias siguen sumergidos en la práctica tradicional, en donde las clases obedecen a una retórica transmisión de conocimientos sobre los conceptos, hechos y teorías de la ciencia, donde se acude siempre a cualidades cognitivas de primer orden, como son la reproducción, aplicación y comprensión del conocimiento, y se obvian otras que llevan a un razonamiento científico de orden superior como son la transferencia, la heurística y la argumentación, dimensiones cognitivas del aprendizaje según la taxonomía propuesta por Bloom, Engelhart, Fust, Hill y Krathwohl (1956) y revisadas por Anderson y Krathwohl (2001) y Gallardo, Fernández, Sepúlveda, Serván, Yus y Barquín, (2010).

Un razonamiento científico de orden superior implica una argumentación crítica a la luz de las pruebas disponibles en una estrecha coordinación entre los datos y las conclusiones (Bravo, Puig y Jiménez-Aleixandre 2009), enriquecida por el análisis, la evaluación y la síntesis de la información que lleve a los estudiantes a tomar las mejores decisiones en la solución de un problema propuesto. Por lo tanto, razonar científicamente es en sí una competencia que requiere inicialmente un cuerpo de conocimientos que faciliten la práctica y permitan el desarrollo de habilidades científicas (Osborne 2013), estos conocimientos no sólo implican los contenidos de la ciencia como conceptos, hechos o teorías, sino que también son necesarios los conocimientos procedimentales sobre la propia ciencia centrados en los rasgos principales de la investigación científica, como el reconocimiento y control de variables, el muestreo, y la representación y comunicación de datos (Gott y Duggan 1996, De Pro 1998, Gott, Duggan, Roberts, y Hussain, 2008), y los epistémicos que permiten entender por qué se requieren dichos procedimientos (Duschl 2007).

Los conocimientos epistémicos analizan y evalúan el tipo de conocimiento que se posee y en qué circunstancias se puede utilizar, es decir, el que tiene este tipo de conocimiento sabrá que el átomo según el modelo de Borh es una representación limitada, pero que es preciso conocer para facilitar una comprensión inicial del átomo, y reflexionará en que momento debe utilizar este modelo y cuando puede utilizar una teoría atómica o conocimiento más avanzado sobre él (OECD 2015). Así mismo se puede decir que el conocimiento epistémico implica conocer las formas de cómo se construye un determinado conocimiento, múltiples formas de investigación como la inductiva, deductiva o una inferencia a la mejor explicación. De esta manera el conocimiento epistémico permite comprender y relacionar que tipo de conocimiento de contenido y conocimiento procedimental se utilizará en una determinada situación, argumentando su uso para dar confianza al investigador y mejores resultados en la ciencia.

De esta manera, en ocasiones, la falta de comprensión de los conocimientos epistémicos y la escasa relevancia otorgada a los conocimientos procedimentales en las aulas, limitan un razonamiento adecuado en los procesos de investigación y dificulta el desarrollo de habilidades científicas, por lo tanto es necesario que el docente tenga pleno conocimiento de ellos y de las habilidades, comprendiendo su importancia en el proceso de formación de los

estudiantes. Para tal fin se presenta una variada lista de ejemplos donde se hace visible y de manera práctica la confluencia entre los diferentes tipos de conocimientos y su importancia en el desarrollo de las habilidades científicas específicas que intervienen en la subcompetencia *Evaluar y diseñar la investigación científica*, siendo el objetivo de este artículo presentar de manera explícita a través de los ítems, las habilidades y conocimientos que representan a esta subcompetencia, llevando al docente a su reconocimiento, autoaprendizaje y consecuente uso como herramienta de retroalimentación de los conocimientos y habilidades científicas que han desarrollado sus estudiantes.

Contribución de los ítems PISA

Los conocimientos y habilidades científicas, han venido siendo el objetivo de evaluación de los ítems propuestos por PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos), proyecto a cargo de la OECD (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos), quien se encarga de evaluar a estudiantes de 15 años de edad de más de 70 países del mundo, evaluación que se inició en el año 2000 y que se ejecuta con una regularidad trianual. Hasta la fecha se han realizado seis versiones de esta prueba que tiene como objetivo, generar indicadores de rendimiento educativo, con el fin de definir y determinar políticas de largo alcance, a partir de las debilidades y fortalezas de los sistemas educativos de los países participantes. Esta evaluación ha movido las bases de los sistemas educativos de muchos países y sus rankings han desencadenado una elevada controversia con respecto a la calidad de la educación que se tiene y más aún, se llega a cuestionar el trabajo que los docentes realizan.

A pesar de las seis versiones ejecutadas de esta evaluación y de más de tres décadas de investigaciones que han dado origen a los marcos teóricos que la soportan, es muy poco lo que los docentes, tanto en ejercicio como en formación de básica secundaria y media, conocen sobre estas pruebas, sus fundamentos teóricos y sus ítems. Por consiguiente, no encuentran relación entre los conocimientos y habilidades científicas que se abordan y, como lo plantearon Gil y Vilches en 2006, es necesario llegar a ellos a partir de investigaciones que pongan a su disposición los conocimientos teóricos de la misma. No obstante, algunas investigaciones realizadas sobre el tema, parten de la explicación de todos los supuestos teóricos que presentan las pruebas PISA y finalizan dando un par de ejemplos de sus ítems (Harlen 2002, Rubio 2008), siendo difícil que, con ello, los docentes comprendan un constructo tan amplio y complejo que abarca investigaciones en ciencias del aprendizaje, en estudios de la ciencia y en la investigación didáctica de las ciencias. De esta manera, todos los constructos teóricos sobre los conocimientos y habilidades científicas, quedan relegados a escritos meramente informativos, generando un ideal de los mismos sin llegar a entender su esencia.

Por tal motivo, sigue existiendo desinformación sobre dichas pruebas y sus fundamentos teóricos en la mayoría del gremio docente, y dada su importante relación con los conocimientos y planteamientos teóricos que nos competen, sus ítems se presentan como ejemplos para llegar a los docentes de una forma más práctica. Bajo esta perspectiva, se propone utilizar los ítems PISA liberados en ciencias con dos fines básicos: i) por un lado, como herramienta para el docente que facilite una evaluación inicial o diagnóstica de las necesidades de los estudiantes, así como para comprobar sus aprendizajes; y ii) por otro lado y utilizando el primer fin como excusa, se puede llevar al docente a que conozca los constructos teóricos de esta prueba a partir de la esencia de cada uno de los ítems, poniéndolo al tanto de las ideas actuales más relevantes sobre los tipos de conocimientos científicos (de contenido, procedimentales y epistémicos) que son necesarios trabajar en el aula y las habilidades o capacidades (evaluar y diseñar la investigación, interpretar datos y pruebas científicas y explicar fenómenos científicamente) que propician el desarrollo de una cultura científica. De esta

manera también se facilitará tanto la comprensión de la naturaleza de la ciencia como los conocimientos didácticos de contenido que un profesor debería llegar a tener para mediante esta conexión, mejorar el proceso de enseñanza - aprendizaje de las ciencias (Acevedo 2009 a y b).

Así también, la gran variedad de contextos en los que se enmarcan los conocimientos y habilidades científicas en estos ítems, se presentan como guías para que los docentes provenientes de diferentes carreras puedan plantear unos contextos más cercanos a la realidad del estudiante, como pueden ser los vinculados a su entorno social y geográfico. La contextualización de los conocimientos y habilidades científicas en situaciones diversas de la vida real, lleva a los estudiantes a utilizar los saberes de una manera más dinámica ligados a aspectos personales, sociales y profesionales (Caamaño 2011, Crujeiras y Jimenez-Aleixandre 2012, López, España y Mora 2012,), y generándose una transferencia de conocimiento entre los diferentes contextos e incluso entre diferentes áreas. Sin embargo este proceso es complicado para los estudiantes y por tanto es de interés del profesorado construir situaciones en contextos que lleven al estudiante al uso y transferencia del conocimiento (Sanmartí, Burgoa y Nuño 2011). No obstante, la construcción de dichas situaciones tampoco es fácil para el mismo docente y en muchos de los casos requiere de tiempo y ejemplos que le permita adquirir la experiencia necesaria. Así, los ítems PISA se convierten en una herramienta que puede aportar en múltiples dimensiones al complemento de la alfabetización científica del docente bajo este marco teórico propuesto por la OECD (2015), para después poder llegar de forma clara a los estudiantes.

Aunque estos ítems han sido fuertemente cuestionados por no evaluar lo que proponen (Gallardo *et al.* 2010, Ruiz, Gil, Navas, Ramos, Ruíz y Núñez 2011), no se puede obviar que fueron elaborados por expertos y evaluados mediante el rigor estadístico y que su finalidad es la de evaluar la competencia científica en los estudiantes. Estos ítems, utilizados adecuadamente pueden aportar valiosa información a la educación en ciencias, como en el caso de Suecia, Dinamarca y Finlandia, países que a partir de los datos empíricos de algunos de estos ítems categorizaron el conocimiento científico de sus estudiantes y realizaron, entre otras mejoras, cambios en sus currículos que les han permitido mejorar en la cultura científica y así también obtener mejores resultados (Jakobsson, Davidsson, Karlsson y Oskarsson 2013). Sin embargo, en el trabajo de éstos autores (Jakobsson, *et al.* 2013) sólo presentan un par de ítems como ejemplos de sus consideraciones y los demás son resultados generales del conjunto de los ítems que, aunque muy importantes, no dejan ver la esencia de cada uno de ellos. La esencia de los ítems es considerada muy importante, según Angell, Kjaernsli y Lie (2000), quienes partiendo de un análisis cualitativo de las respuestas dadas por los estudiantes a los ítems TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) de ciencias -otra de las pruebas internacionales a nivel de estudiantes de primaria- concluyen que además de conocer cuánto saben los estudiantes, dan información diagnóstica de lo que saben, llegando a comprender el pensamiento del estudiante sobre el mundo.

Las debilidades y fortalezas encontradas en los ítems liberados de PISA, han servido como pruebas diagnósticas en algunas comunidades autónomas de España (Gallardo, Fernández y Sierra 2014), y también han promovido trabajos como el realizado por Crujeiras y Jiménez-Aleixandre (2015), donde empleando algunos ítems liberados de PISA evaluaron el desarrollo de algunas competencias y los desempeños alcanzados por sus estudiantes, dando testimonio de su gran utilidad en el aula. Sanmartí y Márquez (2012), los propone como mediadores para inducir a los estudiantes al planteamiento de preguntas científicamente investigables, también al trabajo de Monereo (2009) en donde se presenta una reflexión de los docentes al contrastar sus propias evaluaciones con la propuesta por PISA en busca de una mejora profesional. Así, estos ítems pueden ser utilizados como parte de una evaluación diagnóstica, de una unidad

didáctica, como ejercicios a resolver y discutir en el aula, es decir como ejemplos y herramienta para el docente (Alcañiz y Cervera 2014), encontrando en ellos el eje conductor que permita presentar una descripción detallada a partir de las características que presentan de los conocimientos científicos necesarios que faciliten el desarrollo de cada una de las habilidades específicas que forman parte de la subcompetencia *Evaluar y diseñar la investigación científica*.

Metodología

Esta primera etapa de la investigación se inicia con una revisión detallada de los marcos teóricos de PISA 2000 a 2015. En primer lugar, con el fin de hacer un seguimiento a los procesos y subcompetencias científicas propuestas por la OECD, definiendo así los grupos de habilidades específicas más relevantes. En segundo lugar, se continua con la recopilación de 50 unidades PISA de ciencias, que fueron el corpus de análisis para la categorización de las habilidades y conocimientos, de las cuales 13 unidades son de PISA 2000 y 2003; 27 unidades de PISA 2006 y 2009 y 10 unidades de PISA 2015. Cada unidad tiene un nombre específico y puede contener de 1 a 6 ítems o preguntas para un total de 157 ítems, los cuales pueden consultarse en el enlace <http://revolucioneducativaquimica.blogspot.com.co/>. Seguidamente fueron clasificados de acuerdo con las tres subcompetencias generales de ciencias propuestas por PISA 2015, donde se utilizó como criterio inicial la información dada en la ficha técnica que acompañan a estos ítems, y finalmente, mediante el uso del análisis de contenido, se categorizó cada ítem de acuerdo al grupo de habilidades específicas más relevantes propuestas en los marcos teóricos y evaluadas en los ítems, habilidades específicas que no se suele mencionar en la ficha técnica de los ítems liberados y que se discutirán a continuación. Como se mencionó anteriormente este trabajo se centra en la subcompetencia *Evaluar y diseñar la investigación científica*, presentándose 37 ítems que permiten relacionar las habilidades propuestas con los conocimientos utilizados.

Resultados y discusión

A lo largo de las 6 versiones de evaluación ejecutadas, se encuentra que en PISA 2000 se presentaron 5 procesos científicos, siendo reagrupados en 3 procesos en PISA 2003, nombrados en ambas versiones como “*Scientific processes*” y que en las versiones siguientes (PISA 2006 a 2015) pasaron a denominarse competencias (*Competencies*) con pequeños cambios en sus nombres, tal como se resume en la tabla 1. En este trabajo cada una de las tres competencias se trata como una subcompetencia de la competencia científica global para poderlas tratar de forma individual.

Tabla 1. Reagrupación y evolución de los procesos y competencias en PISA 2000 a 2015.

Procesos		Competencias	
PISA 2000	PISA 2003	PISA 2006, 2009, 2012	PISA 2015
Reconocer preguntas científicamente investigables.	Comprensión de la investigación científica	Identificar cuestiones científicas	Evaluar y diseñar la investigación científica
Identificar la evidencia necesaria en una investigación científica			
Diseñar o evaluar conclusiones	Interpretación de la evidencia científica y conclusiones	Utilizar pruebas científicas	Interpretar datos y pruebas científicas
Comunicar conclusiones válidas			
Demostrar la comprensión de los conceptos científicos	Describiendo, explicando y prediciendo fenómenos científicos	Explicar fenómenos científicos	Explicar fenómenos científicamente

Esos pequeños cambios suponen la evaluación de competencias más amplias que requieren mayor número de habilidades, de las cuales, algunas de las habilidades específicas se han cimentado a lo largo de las 6 versiones y se ven reflejadas desde sus ítems. PISA 2015 recoge todas estas habilidades específicas que habían venido definiendo cada una de las subcompetencias en los antiguos marcos teóricos, y además suma habilidades nuevas que son evaluadas con ítems interactivos de mayor complejidad, que a la vez requieren de la interacción de varias habilidades. A diferencia, en las versiones pasadas, los ítems son estáticos y se centran en evaluar tanto una habilidad como un tipo de conocimiento. Estos ítems facilitan la identificación de los conocimientos científicos y las habilidades involucradas, siendo una herramienta esencial para introducir al estudiante a ámbitos cada vez más complejos en un proceso que necesita tiempo y tendrá diferentes niveles de dificultad. Por todo lo anterior, se trabajaron los ítems PISA liberados de las 6 versiones, pero analizados desde el marco teórico 2015 planteado por la OECD, cuya estructura general responde a las dimensiones presentadas en la figura 1.

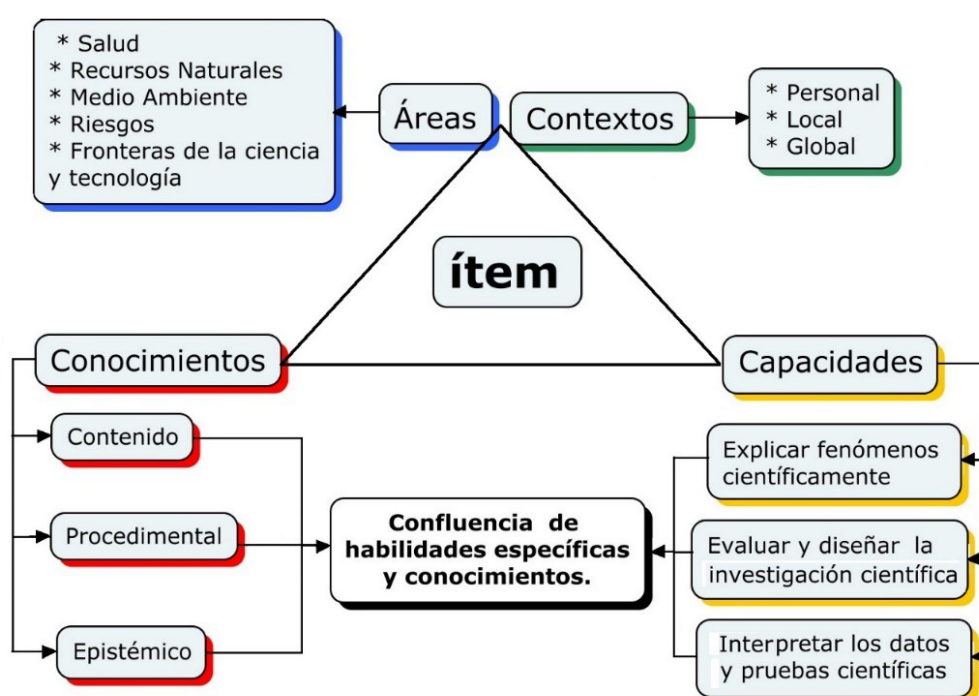


Figura 1. Estructura básica de las dimensiones evaluadas por los ítems PISA de ciencias 2015.

Cada ítem ha sido construido por expertos y evaluado estadísticamente para responder en mayor medida a una de las tres capacidades, la cual necesitará de una base de conocimientos que permitan su fácil solución, por tal motivo también responde al uso de uno de los tres conocimientos expuestos en la figura 1 (OECD 2015). La subcompetencia *evaluar y diseñar la investigación científica*, requiere en esencia de conocimientos procedimentales específicos sobre el diseño apropiado de un experimento científico tales como el concepto de variable, las estrategias de control de las variables y la naturaleza de un diseño apropiado en una determinada cuestión científica (Osborne 2013), o lo que Gott y Duggan (1996) han definido como conceptos de prueba (CoE, Concepts of Evidence).

El conocimiento científico de contenido, es fácil de identificar en cada uno de estos ítems, debido a que las teorías y conceptos científicos son los más manejados entre el gremio docente desde su formación específica. En cambio, los conocimientos procedimentales

asociados con la investigación científica o naturaleza de la ciencia, no son tan comunes en la práctica docente (Ramírez 2011), ya que los maestros no son investigadores científicos, ni tampoco fueron formados para ello, y sus actividades científicas estarán asociados a cuestiones didácticas, según sus propias normas, hábitos y discurso (Mortimer y Scott 2003), de tal manera como lo menciona Acevedo et al. (2007) «es difícil encontrar entre el profesorado de ciencias una actitud plenamente positiva hacia la inclusión de la naturaleza de la ciencia en la ciencia escolar». Por este motivo, es importante abarcar los conocimientos necesarios que orienten hacia una formación en investigación científica a partir de sus CoE (conceptos de prueba), ya que fortalece el proceso investigativo, según lo ha demostrado Schalk, Schee y Boersma (2008) en un estudio realizado con estudiantes de biología de 16 y 17 años.

De esta manera, se pasan a hacer explícitos los conocimientos procedimentales de la investigación científica necesarios para el desarrollo de cada una de las 8 habilidades científicas, que fueron detectadas tanto en los marcos teóricos como en los 37 ítems que corresponden a esta subcompetencia. La tabla 2 muestra las 8 habilidades junto con sus ítems agrupados en 3 bloques, que serán analizados a continuación.

Tabla 2. Habilidades específicas e ítems de la subcompetencia *Evaluar y diseñar la investigación científica*

Bloque 1: capacidad de identificar y proponer preguntas científicamente investigables		
Habilidad específica	Ítems representantes	
1. Identificar la pregunta o idea que está siendo (o podría haber sido) explorada o probada en un estudio científico.	¡Detengan a ese germen!-1 Los clones de ternero-1 El diario de Semmelweis-2 El maíz-6	Comportamiento del espinoso-1 Estudio sobre la leche en la escuela-1 Protectores solares-2
2. Distinguir preguntas o cuestiones que pueden ser respondidas por la investigación científica o de carácter científico apoyadas en la tecnología de las que no pueden ser respondidas por ella.	Clonación-3 La caries dental-5 Fumar tabaco-4 El ozono-4 El maíz-4	Capturar al asesino-2 La caries dental-4 El gran cañón-1 Los tejidos-1
Bloque 2: Capacidad de proponer el diseño experimental de la investigación		
3. Identificar o reconocer las variables que se debe o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.	Detengan a ese germen!-2 Las moscas-1 ¿Un riesgo para la salud?-2 Lluvia ácida-3 El pan-2	Cultivos genéticamente modificados-1 Cultivos genéticamente modificados-2 Protectores solares-1 Síndrome de despoblamiento de colmenas-2
4. Identificar o reconocer la información adicional que se necesita para darle seguridad a la investigación y que apoye las decisiones tomadas o que se vayan a tomar.	Peter Carney-1 El virus de la viruela del ratón-3 Evolución-2	
5. Identificar o reconocer las medidas que se deben adoptar para recoger unos datos adecuados que soporten la conclusión.	Estudio sobre la leche en la escuela-2 Fumar tabaco-3 Protectores solares-3	
6. Proponer y evaluar científicamente una forma de explorar una pregunta e identificar o reconocer las variables que se deben o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.	Correr en días de calor-3 Correr en días de calor-5 Correr en días de calor-6 Recipiente refrigerante-1	
Bloque 3: Habilidades complementarias		
7. Identificar y diferenciar los conceptos que forman parte de una investigación científica.	El maíz-1	
8. Identificar términos clave para la búsqueda de información científica.	El tránsito de venus -3	

El primer bloque está centrado en la capacidad de identificar y proponer preguntas científicamente investigables, capacidad considerada como el eje principal a partir del cual se empieza a generar el conocimiento científico (Sanmartí 2012), y por tal motivo debe prestarse mayor importancia desde los primeros grados de la formación en ciencias llevando a los estudiantes a desarrollar las habilidades 1 y 2. El segundo bloque, centrado en la capacidad de evaluar y diseñar la investigación científica, diseño experimental de la investigación, conlleva el uso específico de conocimientos científicos procedimentales, que facilitarán el desarrollo de las habilidades 3 a 6. Finalmente, en el bloque 3 se presentan las habilidades complementarias 7 y 8, que aunque no están representadas por varios ítems, los únicos ejemplos que se presentan dejan ver su importancia dentro del proceso de investigación. A continuación se van a analizar cada una de las 8 habilidades.

1. Identificar la pregunta o idea que está siendo (o podría haber sido) explorada o probada en un estudio científico.

Habilidad que, vista desde los ítems PISA, se caracteriza por presentar textos en donde se explica o expone una situación científica o el diseño experimental de una investigación, que tiene que ser interpretado para extraer la idea principal. Para esto es necesario comprender y reflexionar la información expuesta, y pasar a evaluar y seleccionar la opción adecuada en el caso de las preguntas de opción múltiple y, comunicar y argumentar la respuesta en el caso de las preguntas abiertas, siendo estas últimas de mayor complejidad. Ésta habilidad es representada por 7 ítems, de los cuales 4 presentan información de hechos científicos que dieron origen a teorías como la inmunidad, la clonación, las enfermedades por microorganismos, el impacto ambiental y uso de biomasa, lo cual requiere de los conocimientos de los respectivos conceptos científicos, (*i. ¡Detengan a ese germen!-1, ii. Los clones de ternero-1, iii. El diario de Semmelweis-2 y iv. El maíz-6*). Por otro lado, los 3 restantes requieren de un conocimiento procedimental, ya que en ellos se suministra toda la información relevante sobre el experimento, y la selección o propuesta de la pregunta de investigación depende de la capacidad de comprender en sí el proceso de investigación científica, (*i. Comportamiento del espinoso-1, ii. Estudio sobre la leche en la escuela-1 y iii. Protectores solares-2*).

A diferencia del conocimiento de contenido, el procedimental no requiere de una información extra sobre hechos o teorías de la ciencia, sino más bien debe existir un conocimiento sobre la ciencia, es decir, la comprensión de la naturaleza de la investigación. Los ítems que representan esta primera habilidad dan claridad en este sentido y dejan ver la diferencia entre los dos tipos de conocimiento. Así mismo, los contextos en los que se han desarrollado estos conocimientos justifican su utilidad y aprendizaje tanto de los hechos y teorías como del proceso de investigación a nivel de laboratorio y poblacional. (Ver anexo A)

2. Distinguir preguntas o cuestiones que pueden ser respondidas por la investigación científica o de carácter científico apoyadas en la tecnología de las que no pueden ser respondidas por ella.

En este caso, la habilidad se desarrolla en una constante indagación de situaciones en las que la ciencia puede dar respuesta o no. Por tanto, los ítems PISA se centran en las mismas opciones de respuesta, siendo en su totalidad de opción múltiple compleja, en donde el texto de la unidad sólo aporta un contexto en el que se enmarcan las diferentes opciones, y el estudiante debe evaluarlas y elegir entre aquellas que responden a cuestiones científicas de las que no. La comprensión y reflexión sobre el texto pasan a un segundo plano, tomando importancia el conocimiento del contenido esencial de la ciencia y esa capacidad de distinguir de la no ciencia, que permitirá al estudiante tomar la decisión adecuada. Ésta es representada por 9 ítems, de los cuales 3 requieren del uso de un conocimiento de contenido, puesto que se evalúa

hasta qué punto los alumnos comprenden el papel de las ciencias en el desarrollo de la tecnología (OECD 2006, p. 149) o si una razón dada es científica o no, (*i. Clonación-3, ii. La caries dental-5 y iii. Fumar tabaco-4*). Los otros 6 ítems requieren en cambio de un conocimiento procedimental debido a que se centran más en reconocer y comprender el papel de la metodología científica, (*i. El ozono-4, ii. El maíz-4, iii. Capturar al asesino-2, iv. La caries dental-4, v. El gran cañón-1 y vii. Los tejidos-1*).

Los ítems de esta habilidad ponen de manifiesto la diferencia entre el conocimiento de contenido del procedimental, al referirse en el primer caso a la comprensión del papel que juega la ciencia en el desarrollo de la tecnología, un concepto que hace parte del enfoque CTS (Ciencia, tecnología y Sociedad) y se complementa con la idea de cómo la tecnología apoya el desarrollo de la ciencia, conceptos que deben ser claros en el docente (Acevedo *et al.* 2007). En cambio, en el segundo caso, los ítems pretenden diferenciar exactamente si la pregunta requiere una investigación científica, una experimentación o del uso de pruebas científicas que puedan ayudar a responderla centrándose nuevamente en la comprensión de la investigación científica. (Ver anexo B)

3. Identificar o reconocer las variables que se debe o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.

Los ítems para esta habilidad se caracterizan por centrarse en el texto proporcionado, donde partiendo del diseño experimental propuesto, el estudiante tiene que comprenderlo y reflexionar sobre él adecuadamente para llegar a reconocer las variables en cuestión, necesitando un conocimiento procedimental sobre la investigación. Las preguntas abiertas requieren además comunicar y argumentar la respuesta lo que exige un mayor nivel de dificultad, y las de opción múltiple o múltiple compleja necesitan evaluar y seleccionar la mejor opción. Ésta es una de las habilidades que más exige al estudiante en términos de investigación científica y en algunos casos requiere una transferencia y conexión del conocimiento, puesto que las variables no se presentan dentro de la información dada, lo cual requerirá un mayor grado de conocimientos que deben conectarse para finalmente ser deducidas.

Los conocimientos procedimentales reflejados en los 9 ítems que representan esta habilidad son el claro ejemplo del uso de algunos de los CoE (conceptos de prueba) propuestos por Gott y Dugan (1996), Schalk y Chee (2008), Osborne (2013) y la OECD (2015). Aquí se destacan la necesidad del conocimiento y comprensión de la naturaleza de variable (dependiente e independiente), variables de control, experimento de control y sustancias de referencia, como parte importante del diseño experimental y que llevan a garantizar el éxito de la investigación tanto a nivel de laboratorio como poblacional, (*i. ¡Detengan a ese germen!-2, ii. Las moscas-1, iii. ¿Un riesgo para la salud?-2, iv. Lluvia ácida-3, v. El pan-2, vi. Cultivos genéticamente modificados-1, vii. Cultivos genéticamente modificados-2, viii. Protectores solares-1 y ix. Síndrome de despoblamiento de colmenas-2*). (Ver anexo C)

4. Identificar o reconocer la información adicional que se necesita para darle seguridad a la investigación y que apoye las decisiones tomadas o que se vayan a tomar.

Esta habilidad presenta ítems caracterizados por preguntas con respuestas de opción múltiple complejas. El texto contextualiza el tema, pero la decisión depende de la capacidad del estudiante para diferenciar entre la información que aportaría a la investigación algo relevante de la que no, de una lista en las que todas son cuestiones científicas. Son 3 ejemplos los que permiten abordar esta habilidad y conocimientos procedimentales como la validación de

resultados, tanto por otros procedimientos, como a partir de los resultados de otras investigaciones, (*i. Peter Carneyl-1, ii. El virus de la viruela del ratón-3 y iii. Evolución-2*). (Ejemplo, ver anexo D)

5. Identificar o reconocer las medidas que se deben adoptar para recoger unos datos adecuados que soporten la conclusión.

Los 3 ítems que ejemplifican esta habilidad se centran en el diseño experimental propuesto en el texto, y requieren claridad sobre la naturaleza del muestreo y sus características, por ejemplo, si es representativo de una población, si es aleatorio o estratificado, el número de observaciones y mediciones a realizar, el uso de grupos de control como método comparativo en una investigación de campo y el concepto de homogeneidad de la muestra. De tal manera que es necesario comprender y reflexionar sobre la información planteada y sobre conocimientos procedimentales necesarios que permitan evaluar y seleccionar la mejor opción en el caso de las preguntas de opción múltiple o comunicar-argumentar en el caso de las preguntas abiertas, (*i. Estudio sobre la leche en la escuela-2, ii. Fumar tabaco-3 y iii. Protectores solares-3*). (Ver anexo E)

6. Proponer y evaluar científicamente cómo explorar una pregunta e identificar variables que intervienen en el proceso de experimentación.

Estas habilidades se visualizan de forma completa en 4 ítems (*i. Correr en días de calor-3, ii. Correr en días de calor-5, iii. Correr en días de calor-6 y iv. Recipiente refrigerante-1*), los cuales resultan ser los más completos de todos los mencionados hasta ahora dado que recurren a una simulación en la que se pueden variar las condiciones principales del diseño experimental. Para responder adecuadamente al ítem se exige una amplia comprensión y reflexión tanto de las instrucciones que se suministran para manejar el simulador, como de la información sobre la propia investigación o conocimiento procedimental, requiriéndose una continua transferencia y conexión entre los conceptos a utilizar. En este tipo de ítems es necesario tener bien identificados los conceptos de variables dependientes e independientes, identificar las variables que se deben controlar, conocer las escalas que se están utilizando y los intervalos que son más adecuados, la repetitividad en la toma de datos y su presentación en tablas, así como los patrones por los que se rigen. A partir de todo este proceso se hará la selección de la respuesta más adecuada en las preguntas de opción múltiple, o comunicar y argumentar la respuesta en aquellas que son abiertas.

En estos ítems se genera la mayor exigencia a las capacidades del estudiante y sólo en estos se puede notar la capacidad de evaluar y diseñar la investigación científica propuesta para PISA 2015, puesto que en ellos es importante cumplir una serie de pasos que lleven a la adecuada solución del problema planteado. En primer lugar el estudiante tiene que interactuar con el simulador, siguiendo las respectivas instrucciones y comprendiendo cada uno de los aspectos que muestra el simulador. En segundo lugar, es necesario que el estudiante genere una representación mental de los pasos a seguir que le permitan explorar las posibles opciones que lo lleven a dar una respuesta adecuada. Y por último debe recurrir a los datos que el mismo ha obtenido para dar una respuesta final. De esta manera también pueden evaluar el uso de pruebas científicas, sin embargo, la intención principal está en cómo son obtenidas dichas pruebas. (Ver anexo F)

7. Identificar y diferenciar los conceptos que forman parte de una investigación científica.

Esta habilidad la encontramos en 1 ítem (*El maíz-1*), que se limita a contrastar conceptos que el estudiante debe manejar sobre la investigación científica, como la diferencia entre una

conclusión y una observación, y por tanto forma parte del conocimiento procedimental. (Ver anexo G)

8. Identificar términos clave para la búsqueda de información científica.

También esta habilidad está representada por 1 ítem (*El tránsito de venus -3*) como único ejemplo publicado, y requiere que el estudiante escoja de entre un grupo de términos subrayados en un texto, aquellos más convenientes para hacer una búsqueda adecuada. Comprendiendo que este proceso es clave en un proceso de investigación científica y por tanto de índole procedimental.

Si bien es claro que estas dos últimas habilidades solo presentan un ejemplo, hacen ver la importancia de reconocer los conceptos asociados al proceso de investigación científica. Las observaciones, la hipótesis y las conclusiones son conceptos que requieren de un gran trabajo por parte del docente para que los estudiantes lleguen a comprenderlos y diferenciarlos. Así también la búsqueda de información es una de las habilidades más requeridas en los inicios de cualquier investigación y unas palabras claves inadecuadas pueden llevarnos a la pérdida de información valiosa y de interés para el tema en cuestión, esta habilidad es ampliamente trabajada a nivel universitario puesto que se cuenta con amplias bases de datos y es necesario que el investigador pueda utilizarlas con facilidad y encontrar la información deseada, sin embargo, en la enseñanza secundaria donde no existen esas bases de datos, es necesario enseñar a los alumnos a buscar información fiable en los exploradores de internet que ofrecen el acceso a información de todo tipo, y tanto los términos de búsqueda como la capacidad de evaluar la información juegan un papel importante en el proceso por desarrollar una alfabetización científica adecuada. (Ver anexo H)

Conclusiones

A partir de esta categorización, es notorio cómo los ítems no responden a la subcompetencia como tal, sino que se centran en una habilidad específica dentro de ella. Por tal motivo, el uso individual y aislado de dichos ítems en el aula, no darán cuenta del desarrollo de esta subcompetencia, por el contrario si se utilizan ítems conjuntos de cada una de las habilidades aquí indicadas, podría aproximar al docente a una evaluación más completa y adecuada de la subcompetencia. Los ítems de mayor dificultad y que evalúan diferentes habilidades son los propuestos por PISA 2015, los cuales responden por si solos a la subcompetencia de *evaluar y diseñar la investigación científica* propuesta en este marco y que pueden ser de mucha ayuda para el docente.

Las habilidades específicas aquí enumeradas, guardan una estrecha relación con el tipo de conocimientos utilizados, en el caso de las habilidades 1 y 2, se ve necesario el uso del conocimiento de contenido en los ítems cuyas respuestas utilizan conceptos científicos derivados de los contextos propuestos, donde se mencionan teorías o hechos de la ciencia. En cambio, el conocimiento procedimental se utiliza en aquellos ítems donde se suministra información detallada del diseño experimental y pone al estudiante en un contexto más real y cercano al de la investigación. En las habilidades 3, 4, 5 y 6, se presentan ítems que recurren específicamente a conocimientos procedimentales, en donde se hace énfasis en temas como el diseño experimental, el reconocimiento de variables dependientes e independientes, los tipos y características del muestreo, el uso de grupos o experimentos de control y uso de patrones. De este modo, el empleo de estos conocimientos procedimentales mencionados permite discutir tanto la validez de un diseño experimental como la evidencia obtenida o recogida.

Las habilidades 7 y 8 son las que menos representación en ítems tienen. La habilidad 7 da una idea de la importancia de distinguir los conceptos que se tratan en el proceso de investigación como son las hipótesis y las conclusiones. Y en la habilidad 8 se puntualiza la importancia de realizar una búsqueda adecuada de la información.

La subcompetencia de *evaluar y diseñar la investigación científica*, requiere, por tanto, de un manejo de conocimientos procedimentales derivados de los procesos de experimentación, por tal motivo es necesario que el docente centre su atención en los conocimientos procedimentales ya descritos en torno al desarrollo de las respectivas habilidades, con lo cual es inevitable plantear actividades de investigación que permitan abordar estas cuestiones. Así también muchos de los ítems trabajados dan ideas de cómo abordar los conocimientos y habilidades en diferentes contextos, orientando al docente en el planteamiento de sus propias actividades.

Para finalizar conviene señalar, que el presente trabajo se centra en analizar con detalle la subcompetencia “*Evaluar y diseñar la investigación científica*”, siendo las otras dos subcompetencias propuestas en PISA 2015, “Interpretar los datos y pruebas científicas” y “Explicar los fenómenos científicamente”, tan importantes como ésta, y que se abordarán con la misma profundidad en posteriores estudios sobre los que se está trabajando en estos momentos, de tal manera que cada habilidad específica que conforman las mencionadas subcompetencias se expliquen, de igual modo que en el presente trabajo, con mayor claridad utilizando los respectivos ítems liberados como ejemplos.

Referencias bibliográficas

- Acevedo-Díaz J. A. (2009a) Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 21-46.
- Acevedo-Díaz J. A. (2009b) Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(2), 164-189.
- Acevedo-Díaz J. A., Vázquez-Alonso Á., Manassero-Mas M. A., Acevedo-Romero P. (2007) Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66.
- Alcañiz V., Cervera D. (2014) Evaluaciones externas, mucho más que resultados. Una mirada centrada en PISA. *Revista Avances en supervisión educativa*, 21, 1-23.
- Anderson L.W., Krathwohl D. R. (2001) A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman Editions.
- Angell C., Kjaernsli M., Lie S. (2000) Exploring students responses on free-response science items in TIMSS. In *Learning from others* (pp. 159-187). Springer Netherlands.
- Bloom B. S., Engelhart M. D., Fust E. J., Hill W. H., Krathwohl D.R. (1956) Taxonomy of educational objectives: part I, cognitive domain. New York: McKay Editions.
- Bravo B., Puig B., Jiménez-Aleixandre M. P. (2009) Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación química*, 20(2), 126-131.
- Caamaño A. (2011) Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 17(69), 21-34.
- Crujeiras B., Jiménez-Aleixandre M. (2012) Competencia como aplicación de conocimientos

- científicos en el laboratorio: ¿cómo evitar que se oscurezcan las manzanas? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 18(70), 19-26.
- Crujeiras B., Jiménez-Aleixandre M. (2015) Análisis de la competencia científica de alumnado de secundaria: respuestas y justificaciones a ítems de PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 385-401.
- De Pro Bueno A. (1998) ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de Ciencias? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(1), 21-41.
- Duschl R. (2007) Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic and Social Learning Goals. *Review of Research in Education*, 32, 268-291.
- Gallardo M., Fernández M., Sepúlveda M., Serván M., Yus R., Barquín J. (2010) PISA y la competencia científica: Un análisis de las pruebas de PISA en el Área de Ciencias. *Relieve. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 16(2), 1-17.
- Gallardo M., Fernández M., Sierra J. (2014) La competencia de ‘conocimiento e interacción con el mundo físico y natural’: Análisis de las pruebas de evaluación de diagnóstico de Andalucía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 160-180.
- Gil D., Vilches A. (2006) ¿Cómo puede contribuir el Proyecto PISA a la mejora de la enseñanza de las ciencias (y de otras áreas de conocimiento)? *Revista de Educación*, número extraordinario, 295-311.
- Gott R., Duggan S. (1996) Practical work: its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*. 18(7), 791-806.
- Gott, R., Duggan, S., Roberts, R., y Hussain, A. (2008). *Concepts of evidence*. University of Durham.
- Harlen W. (2002) Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OECD para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 209-216.
- Holbrook J., Rannikmae M. (2009) The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 275-288.
- Jakobsson A., Davidsson E., Karlsson KG, Oskarsson M. (2013) Exploring Epistemological Trends in Students’ Understanding of Science from the Perspective of Large-Scale Studies. *ISRN Education*, Article ID 196014, 1-13.
- López Á. B., España E., Mora F. R. (2012) Contexto y enseñanza de la competencia científica. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (70), 9-18.
- Monereo C. (2009) *PISA como excusa. Repensar la evaluación para cambiar la enseñanza*. Barcelona: GRAÓ, de IRIF, S.L. Ediciones.
- Mortimer E.F., Scott Ph. H. (2003) *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. (UK). McGraw-Hill Education Editions.
- OECD (2006) *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A framework for PISA 2006*, OECD, Paris.
- OECD (2015) *PISA 2015. Draft Science Framework*, OECD, Paris.
- Osborne J. (2013) The 21st century challenge for science education: Assessing scientific reasoning. *Thinking Skills and Creativity*, 10, 265-279.
- Ramírez E. S. (2011) ¿Cómo integrar la investigación, la innovación y la práctica en la

- enseñanza de las ciencias? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (68), 80-88.
- Rubio R. (2008) Propuestas para mejorar la evaluación de las competencias científicas al finalizar la ESO a partir de la evaluación PISA 2006. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14(57), 64-72.
- Ruiz J. B., Gil M. G., Navas M. F., Ramos R. Y., Ruiz M. P. S., Núñez M. J. S. (2011) “Todos queremos ser Finlandia”. Los efectos secundarios de PISA. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 12(1), 320-339.
- Sanmartí N., Burgoa B., Nuño T. (2011) ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 17(67), 62-69.
- Sanmartí N., Márquez C. (2012) Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (70), 27-36.
- Schalk H. H., Van der Schee J. A., Boersma K. T. (2008) The use of concepts of evidence by students in biology investigations: Development research in preuniversity education. In The nature of research in biological education: Old and new perspectives on theoretical and methodological issues. A selection of papers presented at the VIIth Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB), Zeist, The Netherlands. 279-296.

Anexo A

Habilidad específica 1: Identificar la pregunta o idea que está siendo (o podría haber sido) explorada o probada en un estudio científico.

Protectores solares-2

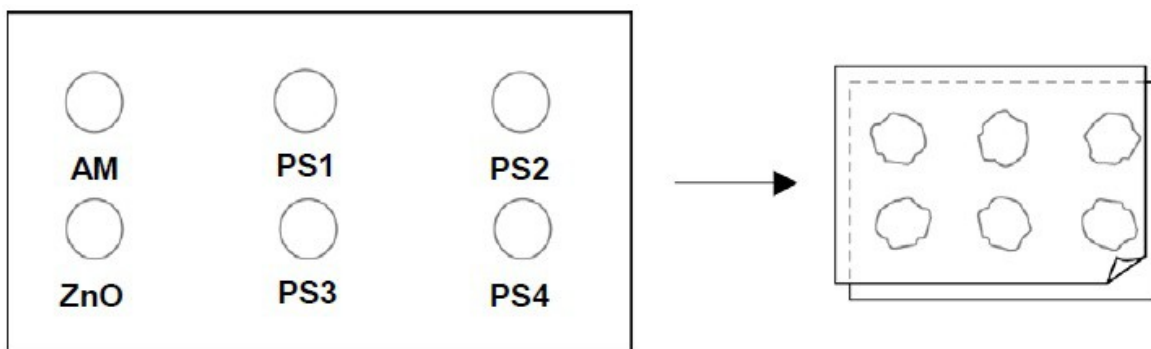
Milagros y Daniel quieren saber qué protector solar les proporciona la mejor protección para la piel. Los protectores solares llevan un factor de protección solar (FPS) que indica hasta qué punto el producto absorbe las radiaciones ultravioleta de la luz solar. Un protector solar con un FPS alto protege la piel durante más tiempo que un protector solar con un FPS bajo.

A Milagros se le ocurrió una forma de comparar diferentes protectores solares. Daniel y ella reunieron los siguientes materiales:

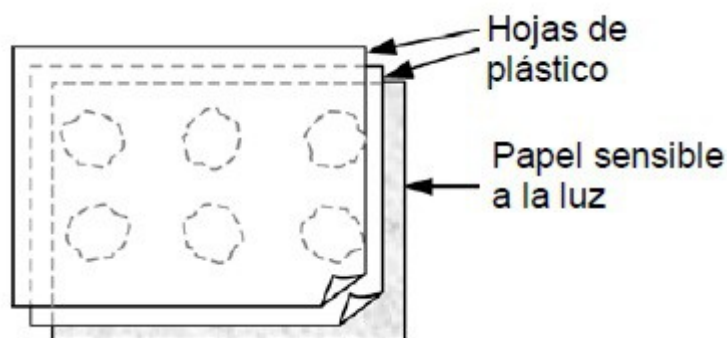
- dos hojas de un plástico transparente que no absorbe la luz solar;
- una hoja de papel sensible a la luz;
- aceite mineral (AM) y una crema con óxido de zinc (ZnO); y
- cuatro protectores solares diferentes, a los que llamaron PS1, PS2, PS3, y PS4.

Milagros y Daniel utilizaron aceite mineral porque deja pasar la mayor parte de la luz solar, y el óxido de zinc porque bloquea casi completamente la luz del sol.

Daniel puso una gota de cada sustancia dentro de unos círculos marcados en una de las láminas de plástico y después colocó la otra lámina encima. Colocó luego sobre las láminas de plástico un libro grande para presionarlas.



A continuación, Milagros puso las láminas de plástico encima de la hoja de papel sensible a la luz. El papel sensible a la luz cambia de gris oscuro a blanco (o gris muy claro), en función del tiempo que esté expuesto a la luz solar. Por último, Daniel puso las hojas en un lugar soleado.



¿Cuál de las siguientes preguntas trataban de responder Milagros y Daniel?

- ¿Qué protección proporciona cada protector solar en comparación con los otros?
- ¿Cómo protegen la piel de la radiación ultravioleta los protectores solares?
- ¿Hay algún protector solar que proteja menos que el aceite mineral?
- ¿Hay algún protector solar que proteja más que el óxido de zinc?

Anexo B

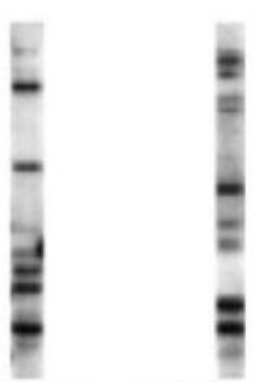
Habilidad específica 2: Distinguir preguntas o cuestiones que pueden ser respondidas por la investigación científica o de carácter científico apoyadas en la tecnología de las que no pueden ser respondidas por ella.

Capturar al asesino-2

EMPLEO DEL ADN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE UN ASESINO

Smithville, ayer: Un hombre ha fallecido hoy en Smithville después de recibir múltiples puñaladas. Según fuentes policiales, había señales de lucha y parte de la sangre hallada en la escena del crimen no se corresponde con la sangre de la víctima. Sospechan que dicha sangre pertenece al asesino.

Para ayudar a capturar al culpable, los miembros de la policía científica han elaborado un perfil del ADN de la muestra de sangre. Tras ser comparado con los perfiles de ADN de los criminales convictos que se almacenan en las bases de datos informatizadas, no se ha hallado ningún perfil que concuerde con el de la muestra



Individuo A **Individuo B**

Foto de perfiles típicos de ADN pertenecientes a dos individuos. Las barras se corresponden con distintos fragmentos del ADN de cada uno de los individuos. Cada persona posee un patrón de barras diferente. Al igual que sucede con las huellas dactilares, los patrones que siguen las barras permiten identificar a las personas

La policía ha arrestado a un habitante de la localidad al que se vio discutiendo con la víctima el mismo día horas antes. Ha pedido permiso para recoger una muestra de ADN de los sospechosos.

Según el sargento Brown de la policía de Smithville: «Se trata tan solo de extraer una muestra mediante un inofensivo raspado de la cara interna de la mejilla. A partir de esa muestra, los científicos pueden extraer el ADN y conformar un perfil de ADN como los que aparecen en la ilustración».

Dejando a un lado los casos de gemelos idénticos, las posibilidades de que dos personas compartan el mismo perfil de ADN son de 1 entre 100 millones.

¿Cuál de las siguientes preguntas no puede ser respondida mediante pruebas científicas?

- A. ¿Cuál fue la causa médica o fisiológica del fallecimiento de la víctima?
- B. ¿En quién pensaba la víctima cuando murió?
- C. ¿Constituye el raspado de la mejilla una forma segura de recoger muestras de ADN?
- D. ¿Poseen los gemelos idénticos exactamente el mismo perfil de ADN?

Anexo C

Habilidad específica 3: Identificar o reconocer las variables que se debe o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.

Síndrome de despoblamiento de colmenas-2

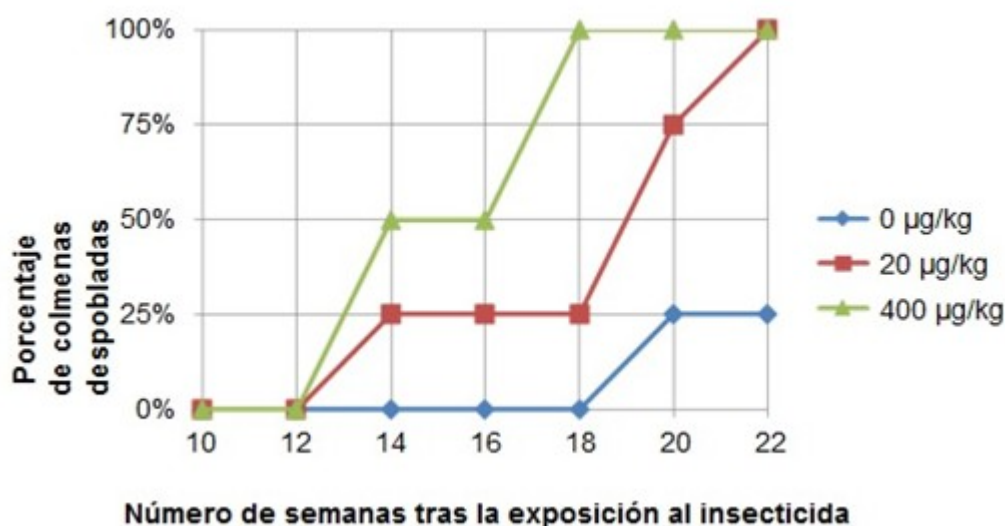
Consulta el artículo «Exposición al imidacloprid» y selecciona una opción para completar la frase.

Exposición al imidacloprid

Los científicos creen que el síndrome de despoblamiento de las colmenas está causado por diversos factores. Una posible causa es el insecticida imidacloprid, que puede ocasionar que las abejas pierdan el sentido de la orientación cuando están fuera de la colmena.

Los expertos han hecho pruebas para comprobar si la exposición al imidacloprid provoca el despoblamiento de las colmenas. En algunas colmenas se añadió este insecticida al alimento de las abejas durante tres semanas. Se expuso a diversas colmenas a diferentes concentraciones de insecticida, medidas en microgramos de insecticida por kilogramo de alimento ($\mu\text{g/kg}$). Otras colmenas no fueron expuestas a ningún insecticida.

Ninguna colmena se despobló inmediatamente tras la exposición al insecticida. Sin embargo, al llegar a la semana 14 algunas de las colmenas ya habían sido abandonadas. El gráfico siguiente recoge los resultados observados.



Describe el experimento realizado por los expertos completando la siguiente frase.

Los investigadores comprobaron el efecto 1 en 2.

Frases:

1	2
del despoblamiento de colmenas de abejas	el despoblamiento de colmenas de abejas
de la concentración de imidacloprid en alimentos	la concentración de imidacloprid en alimentos
de la inmunidad de la abejas al imidacloprid	la inmunidad de la abejas al imidacloprid

Anexo D

Habilidad específica 4: Identificar o reconocer la información adicional que se necesita para darle seguridad a la investigación y que apoye las decisiones tomadas o que se vayan a tomar.

El virus de la viruela del Ratón-3

Hay muchos tipos de virus de la viruela que provocan esta enfermedad en los animales. Por regla general, cada tipo de virus sólo infecta a una especie animal. Una revista ha publicado que un científico ha utilizado la ingeniería genética para modificar el ADN del virus de la viruela del ratón. El virus modificado mata a todos los ratones que infecta.

El científico explica que es necesario investigar modificando los virus para controlar a los animales que dañan los alimentos. Los que se oponen a este tipo de investigación dicen que los virus podrían escapar del laboratorio e infectar a otros animales. También les preocupa que un virus de la viruela modificado para una especie pudiera infectar a otras especies, en particular a la humana. Hay un virus de la viruela en particular que infecta a los humanos.

El virus de la viruela humano mata a la mayoría de las personas a las que infecta. Aunque se piensa que esta enfermedad ha sido eliminada de la población, muestras de este virus de la viruela humano se guardan en diferentes laboratorios del mundo.

Una empresa trata de desarrollar un virus que vuelva a los ratones estériles. Un virus como este serviría para controlar el número de ratones.

Supón que la empresa tiene éxito. ¿Se debería investigar la respuesta a las siguientes preguntas antes de poner el virus en circulación? Marca con un círculo la respuesta, Sí o No, en cada caso.

¿Debería contestarse esta pregunta antes de poner el virus en circulación?	¿Sí o No?
¿Cuál es el mejor método para propagar el virus?	Sí / No
¿Cuánto tardará el ratón en desarrollar inmunidad al virus?	Sí / No
¿Qué otro tipo de enfermedades infectan al ratón?	Sí / No
¿Podría el virus afectar a otras especies de animales?	Sí / No

Anexo E

Habilidad específica 5: Identificar o reconocer las medidas que se deben adoptar para recoger unos datos adecuados que soporten la conclusión.

Fumar tabaco-3

El tabaco se fuma en forma de cigarrillos, puros o en pipa. Ciertas investigaciones científicas han demostrado que las enfermedades relacionadas con el tabaco matan cada día a unas 13.500 personas en el mundo. Se predice que, para 2020, las enfermedades relacionadas con el tabaco originarán el 12 % del total de muertes.

El humo del tabaco contiene sustancias nocivas. Las sustancias más perjudiciales son el alquitrán, la nicotina y el monóxido de carbono.

Algunas personas usan parches de nicotina para dejar de fumar. Los parches se pegan a la piel y liberan nicotina a la sangre. Esto ayuda a reducir la ansiedad y eliminar los síntomas de abstinencia cuando la gente deja de fumar.

Para estudiar la efectividad de los parches de nicotina, se escoge al azar a un grupo de 100 fumadores que quieren dejar de fumar. Este grupo será sometido a estudio durante seis meses. La efectividad de los parches de nicotina se determinará contando el número de personas que no han conseguido dejar de fumar al final del estudio.

Entre los siguientes, ¿cuál es el mejor diseño experimental?

- A. Poner parches a todas las personas del grupo.
- B. Poner parches a todo el grupo excepto a una persona que tratará de dejar de fumar sin parches.
- C. Cada persona elige si quiere llevar parche o no para dejar de fumar.
- D. Se escoge al azar a una mitad del grupo que llevará parches, y la otra mitad no los llevará.

Anexo F

Habilidad específica 6: Proponer y evaluar científicamente una forma de explorar una pregunta e identificar o reconocer las variables que se deben o han sido modificadas o controladas dentro del proceso de experimentación.

Correr en días de calor-3

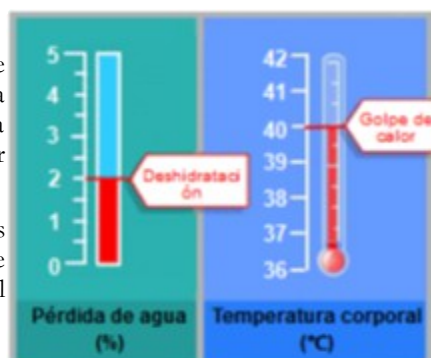
Esta unidad presenta un experimento científico relacionado con la termorregulación, mediante una simulación que permite a los alumnos cambiar los niveles de temperatura y humedad del aire en los corredores de larga distancia, así como los posibles cambios si beben agua o no. Después de correr, se muestra el volumen de sudor, la pérdida de agua y la temperatura corporal. También se señala cuando hay riesgos para la salud, en condiciones de posible deshidratación o golpe de calor. (Simulador disponible en <http://estaticos.educalab.es/inee/pisa/ciencias/cs623/>)

Al correr largas distancias la temperatura corporal aumenta y se suda.

Si los corredores no beben lo suficiente para reponer el agua que perdieron a través del sudor, pueden experimentar deshidratación. Una pérdida de agua de un 2% o más de la masa corporal se considera estado de deshidratación. Este porcentaje está señalado en el medidor de pérdida de agua que se ve a continuación.

Si la temperatura corporal aumenta hasta los 40°C o más, los corredores pueden sufrir un trastorno llamado golpe de calor que puede causar la muerte. Esta temperatura está señalada en el termómetro de temperatura corporal que se muestra a continuación.

Realizar la simulación para obtener datos basándose en la siguiente información. Haz clic en una opción, selecciona datos de la tabla y escribe una explicación para responder a la pregunta.



Temperatura del aire (°C)	Humedad del aire (%)	¿Bebe agua?	Volumen de sudor (litros)	Pérdida de agua (%)	Temperatura corporal (°C)

Si la humedad del aire es del 60%, ¿Cómo reacciona el volumen de sudor tras correr durante una hora con el aumento de la temperatura del aire?

- A. El volumen de sudor aumenta.
- B. El volumen de sudor disminuye.

★ Seleccionar dos filas de datos en la tabla que corroboren tu respuesta.

Anexo G

Habilidad específica 7: Identificar y diferenciar los conceptos que forman parte de una investigación científica.

El maíz-1

Lee el siguiente artículo de periódico

UN HOLANDÉS USA EL MAÍZ COMO COMBUSTIBLE

En la estufa de Auke Ferwerda arden suavemente unos cuantos troncos con pequeñas llamas. Ferwerda coge un puñado de maíz de una bolsa de papel próxima a la estufa y lo arroja a las llamas. Inmediatamente el fuego se aviva con fuerza. “Mira esto,” dice Ferwerda, “la ventana de la estufa está limpia y transparente. La combustión es completa.” Ferwerda habla sobre la utilización del maíz como combustible y como pienso para el ganado. En su opinión, esta doble utilización es el futuro.

Ferwerda señala que el maíz que se utiliza como pienso para el ganado es, en realidad, un tipo de combustible: las vacas comen maíz para conseguir energía. Pero, según explica Ferwerda, la venta del maíz como combustible en lugar de como pienso podría ser mucho más rentable para los granjeros. Ferwerda está convencido de que, a largo plazo, el maíz se utilizará como combustible de forma generalizada. Ferwerda imagina como sería cosechar, almacenar, secar y embalar el grano en sacos para su venta posterior. Actualmente, Ferwerda investiga si podría utilizarse como combustible la totalidad de la planta de maíz, pero esta investigación aún no ha concluido. Lo que Ferwerda también debe tener en cuenta es toda la atención que se está dedicando al

dióxido de carbono. Se considera que el dióxido de carbono es la causa principal del aumento del efecto invernadero. Se dice que el aumento del efecto invernadero es la causa del aumento de la temperatura media de la atmósfera terrestre. Sin embargo, desde el punto de vista de Ferwerda no existe ningún problema con el dióxido de carbono. Al contrario, él argumenta que las plantas lo absorben y lo convierten en oxígeno para los seres humanos. Sin embargo, los planes de Ferwerda pueden entrar en conflicto con los del gobierno, que actualmente está tratando de reducir la emisión de dióxido de carbono. Ferwerda afirma: “Hay muchos científicos que dicen que el dióxido de carbono no es la causa principal del efecto invernadero.”

En ciencia se distingue entre lo que son las observaciones y las conclusiones.

La tabla siguiente presenta dos afirmaciones de Ferwerda relacionadas con su estufa.

Lee estas afirmaciones y marca con un círculo, para cada una de ellas, si es una Observación o una Conclusión.

Afirmación	¿Observación o Conclusión?
La ventana de la estufa está limpia y transparente.	Observación / Conclusión
La combustión es completa.	Observación / Conclusión

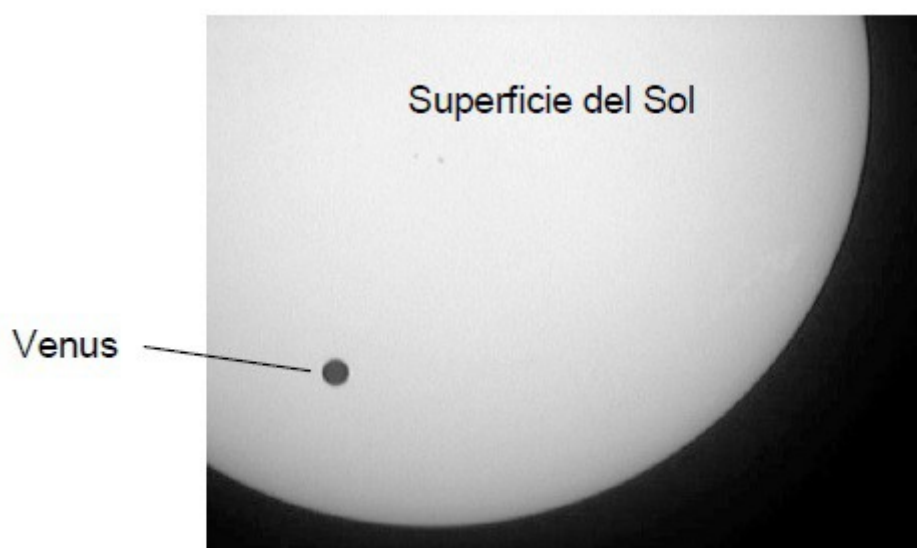
Anexo H

Habilidad específica 8: Identificar términos clave para la búsqueda de información científica.

El tránsito de venus-3

El 8 de junio del 2004 fue posible ver, desde numerosos lugares de la Tierra, el paso del planeta Venus por delante del Sol. A esto se le llama el “tránsito” de Venus, y sucede cuando la órbita de Venus sitúa a este planeta entre el Sol y la Tierra. El tránsito anterior de Venus sucedió en 1882, y el próximo está previsto para 2012.

Aquí vemos una foto del tránsito de Venus de 2004. Se enfocó el telescopio hacia el Sol, y se proyectó la imagen en una hoja blanca de papel.



En la frase siguiente, se han subrayado varias palabras.

Los astrónomos predicen que se producirá un tránsito de Saturno delante del Sol, que se verá desde Neptuno en algún momento de este siglo.

Entre las palabras subrayadas, ¿cuáles serían las tres más útiles para buscar en Internet o en una biblioteca el momento en el que se va a producir este tránsito?

Respuesta: _____